

## Universell bandelement-modul för två eller fler membran- bredder med optimerat flöde och drivning.

### SAMMANFATTNING

5

Föreliggande uppfinning avser en ny typ av högtalarmodul i form av ett bandelement, så utformat att modulen valfritt kan utrustas med ett membran med bredden 50 millimeter eller smalare, samt en längd, fritt valbar inom området 50 millimeter till 2500 millimeter. I de fall modulen skall användas med ett smalare band, monteras de fältkoncentrerande polskorna mellan magneterna och bandet. Därigenom erhålles en högre verkningsgrad samt reduceras risken för kantreflexion. Det är också förmånligt om modulens mjukjärnspolskor i motsats till gängse praxis är monterade vid sidan av magneterna på ett sådant sätt att membranet tillåts att stråla fritt såväl framåt som bakåt.

10

15

Det föredrages vidare att magnetsystemet är försett med s.k. booster-magneter för att reducera flödesförluster i mjukjärnspolskorna samt jämna ut flödet i magnetsystemets avslutande ändar. Vidare föredrages att signalmatningen är utformad som passiv strömmatning, varvid induktansens negativa inverkan på frekvensgången upp till 1/f-punkten elimineras. Ovanför 1/f-punkten kompensationsmatas bandet med en särskild krets bestående av R och C vars storlekar valts så att den resulterande frekvenskurvan blir rak för hela operativområdet.

20

# Universell bandelement-modul för två eller fler membranbredder med optimerat flöde och drivning.

5

## Uppfinningens bakgrund

### 1. Uppfinningens område

10 Uppfinningen avser förmånliga konstruktioner av högtalare av bandtyp.

### 2. Känd teknik

15 Den elektromagnetiska bandhögtalarens princip är väl känd. I ett magnetfält sitter ett band av elektriskt ledande material inspant, på båda sidor omgivet av kraftiga långsgående permanentmagneter. När en tonfrekvent växelström påföres bandet, kommer membranet att svänga i takt med inmatad signal.

20 Bandhögtalartekniken brottas med två väsentliga problem: Dels är lineariteten i det magnetiska flödet inte homogen; (typiska lösningar är limmade ferritmagneter), - dels är frekvensgången inte rak utan faller med stigande frekvens. Det sistnämnda beror på bandets massa/tröghet samt bandets och matarkabelns induktans. Sist men inte minst har bandets bredd en avgörande inverkan på amplituden. Bredare band resulterar i  
25 högre strålningsresistans, d.v.s. bättre koppling till den omgivande luften, vilket innebär lägre membranamplitud och är väsentligt om låga frekvenser skall kunna återges med tillräckligt ljudtryck.

### Elektriska begränsningar:

Bandhögtalarens låga elektriska resistans samt dess fysiska utsträckning i rummet, resulterar i en induktans som menligt påverkar frekvensgången och framför allt ger upphov till allvarliga fasvridningar. Föreliggande uppfinning löser detta problem genom passiv strömmatning för hela operativområdet under  $1/f$  samt genom separat passiv kompensationsmatning för området ovanför  $1/f$ . Bandets fysiska massa i kombination med magnetfältets styrka avgör var den kritiska  $1/f$ -punkten inträffar. Denna definieras som den punkt där bandet övergår från hastighetskontrollerat till masskontrollerat tillstånd. Ovanför denna punkt är bandets utnivå inte linjär, utan faller med stigande frekvens.

### Mekaniska begränsningar:

Bandets fysiska massa i kombination med magnetfältets styrka avgör som tidigare nämnts var den kritiska  $1/f$ -punkten inträffar. Denna definieras som den punkt där bandet övergår från hastighetskontrollerat till masskontrollerat tillstånd. Ovanför denna punkt är bandets utnivå inte linjär, utan faller med stigande frekvens.

### Uppfinningens syften samt sammanfattning av uppfinningen

Ett grundläggande syfte med uppfinningen är att med utgångspunkt från de ovan uppräknade, i och för sig kända tekniska begränsningarna åstadkomma en optimering, möjliggörande höga ljudtryck med låg förvrängning inom hela arbetsområdet.

Föreliggande uppfinning avser också att lösa ovan relaterad problematik genom att med hjälp av långt gången modularisering realisera en produkt med höga prestanda som dessutom är attraktiv tillverknings- och kostnadsmässigt.

Föreliggande uppfinning avser ett fullfrekvens högtalarsystem av bandtyp, där en modularisering av tekniken möjliggör användande av ett och samma typ av chassi för minst två eller flera membranbredder, företrädesvis 25 respektive 50 millimeter, med opti-

mering av det magnetiska flödet för respektive arbetsvillkor och där banden drivs med passiv strömmatning för att överkomma induktansrelaterade problem samt där valfritt antal moduler kan kombineras för att möjliggöra höga ljudtryck med låg förvrängning inom hela arbetsområdet.

Uppfinningen avser också en särskilt utformad, föredragen modul, som är lämplig för användning särskilt vid ett modulariserat utförande av ett högtalarsystem.

Föreliggande uppfinning avser sålunda en ny typ av högtalarmodul i form av ett bandelement, så utformat att modulen valfritt kan utrustas med ett membran med bredden 50 millimeter eller smalare, samt en längd, fritt valbar inom området 50 millimeter till 2500 millimeter. I de fall modulen skall användas med ett smalare band, monteras de fältkoncentrerande polskorna mellan magneterna och bandet. Därigenom erhålles en högre verkningsgrad samt reduceras risken för kantreflexion. Det är också förmånligt om modulens mjukjärnspolskor [(A1)/(A2) i Fig.3 och Fig.7] i motsats till gängse praxis är monterade vid sidan av magneterna på ett sådant sätt att membranet tillåts att stråla fritt såväl framåt som bakåt.

Det föredrages vidare att magnetsystemet är försett med s.k. booster-magneter för att reducera flödesförluster i mjukjärnspolskorna samt jämna ut flödet i magnetsystemets avslutande ändar. Vidare föredrages att signalmatningen är utformad som passiv strömmatning, varvid induktansens negativa inverkan på frekvensgången upp till 1/f-punkten elimineras. Ovanför 1/f-punkten kompensationsmatas bandet med en särskild krets bestående av R och C vars storlekar valts så att den resulterande frekvenskurvan blir rak för hela operativområdet.

## Kort figurbeskrivning

**Fig. 1 A-E** visar frekvensgången för högtalare av bandelementtyp för olika exempel angivna i den fortsatta beskrivningen. **Fig. 2 A** visar ett kopplingsschema för effektmatning av ett högtalarband. **Fig. 2 B** visar ett förbättrat utförande av ett kopplings-

schema för sådan effektmätning. **Fig. 3** visar en frontvy av en bandmodul med magneter, polstycken och ett band. **Fig. 4** visar en tvärsnittsvy av ett band insatt mellan magneter och polstycken. **Fig. 5** visar en annan tvärsnittsvy av samma bandmodul, med boostermagneter. **Fig. 6** visar en utföringsform av ett band försett med en slits i mitten. **Fig. 7, 8 och 9** visar figurer av ett annat utföringsexempel, motsvarande **Fig. 3, 4 och 5**. **Fig. 10** visar en kombination av bandmoduler som möjliggör täckande av hela tonområdet mellan 20 Hz och 40 000 Hz. **Fig. 11** visar ett exempel på känd teknik där magnetfältets återföring är förlagd på baksidan av det ljudstrålade bandet.

### Detaljerad beskrivning av föredragna utföringsexempel av uppfinningen

**Fig.1A** visar typisk frekvensgång för ett okompenserat bandelement från 100Hz och upp till 1/f punkten. **Fig.1B** visar frekvensgången under samma betingelser ovanför 1/f punkten. **Fig.1C** visar resulterande frekvensgång för hela arbetsområdet.

Genom att koppla ett effektmotstånd med extremt låg egeninduktans enligt **Fig.2(B)** i serie med bandet, erhålles (beroende på motståndets resistansvärde i förhållande till bandets resistans), ett kontrollerat spänningsfall som resulterar i att bandet kommer att strömmatas. Denna typ av matning gör att problematiken med induktansen i bandet bortfaller. Resulterande frekvensgång för frekvensområdet upp till 1/f-punkten framgår av **Fig.1D**.

**Fig.2A** visar bl.a. kondensator (A) som utgör ett första ordningens delningsfilter med brantheten 6dB/oktav.

I **Fig.2A** utgör vidare (C) shuntkondensator med ett värde som kompenserar för den fallande utnivån ovanför 1/f punkten. **Fig.2A (D)** utgöres av ett låginduktivt motstånd med ett värde i storleksordningen 1/10 till 1/100 av värdet på (B) i **Fig.2A**. Resultande frekvensgång framgår av **Fig.1E**.

Komponentvärdena för R och C i **Fig.2A** är avhängigt resistansvärdet hos bandet (**E**) samt önskad delningsfrekvens, vilken sistnämnda bestäms av kondensatorn (**A**) samt motståndet (**B**) i relation till resistansvärdet hos membranet (**E**).

- 5 I **Fig.2A** utgör (**F**) samt (**G**) anslutningspunkterna till kretsen. (**F**) och (**G**) kan i förekommande fall anslutas direkt till en kommersiell effektförstärkare, kapabel att driva lågimpeditiva laster, alternativt kan punkterna (**F**) och (**G**) anslutas till sekundärsidan på en fulltransformator för att uppfylla CE normerna vad gäller elektrisk säkerhet.

- 10 **Fig.2B** visar samma schema och funktionalitet som Fig.2A med undantag för spolen (**H**) som sörjer för en 6 dB avskärning uppåt i frekvens. Denna lösning används i de fall man önskar använda det breda bandet (företrädesvis 50mm) i modulchassiet, för att återge frekvenser under 1kHz. Spolen (**H**) utgör därvid ett första ordningens lågpassfilter.

- 15 Genom att öka det magnetiska flödet i gapet samt minska den rörliga massan hos membranet, kan  $1/f$  flyttas uppåt i frekvens (men ej helt elimineras). Detta metod ökar även känsligheten hos systemet så att en lägre elektrisk effekt erfordras för ett givet ljudtryck.

20

- Det föreligger för praktiskt vidkommande en gräns för hur tunt membranet kan göras, med rimliga krav på mekanisk hållfasthet samt förmåga att hantera inmatad effekt. Detta har tidigare vanligtvis lösts genom att U-formade polskor har applicerats bakom magnetsystemet i syfte att åstadkomma ett slutet flöde. Detta förfarande resulterar i
- 25 tunga och mekaniskt komplicerade system som dessutom växer på djupet fysiskt sett, och därigenom blir mer utrymmeskrävande. Att placera polskorna bakom magneterna påverkar dessutom ljudutstrålningen negativt, då det försämrar utformningen av bandelementet som en ren dipol, d.v.s. som ett element som strålar lika mycket framåt som bakåt. Med polskor placerade bakom bandelementet, kommer del av den utstrålade
- 30 energin att reflekteras tillbaka och på så sätt ge en färgning av ljudet. **Fig.11** åskådliggör detta. Den emanerar från en amerikansk patentansökan, (MAGNEPAN Inc.). och

visar tydligt att utrymmet mellan slitsarna i polstycket kommer att reflektera tillbaka inmatad signal och därmed inducera resonanser.

Föreliggande uppfinning avser att råda bot på detta problem genom ett förfarande där polstyckena appliceras på sidorna om magneterna istället för bakom desamma, på ett sådant sätt att membranet tillåts stråla fritt såväl bakåt som framåt.

**Fig.3, Fig.4** samt **Fig.5** åskådliggör hur detta är löst i den föredragna uppfinningen.

**Fig.3 (A1)** och **(A2)** samt **Fig.5 (A1)** och **(A2)** utvisar mjukjärnspolstyckenas fysiska orientering i planet i relation till huvudmagneterna, de sistnämnda åskådliggjorda i **Fig.3 (C1)** och **(C2)**, samt **Fig.4 (C1)** och **(C2)**. **Fig.3** visar polstyckena framifrån och **Fig.5 (A1)** samt **(A2)** visar polstyckena med modulen liggande.

**Fig.4 (E)** visar membranets orientering relativt magnetsystemet **(C1)/(C2)** samt relativt de flödeskoncentrerande mjukjärnspolstyckena **D1/D2** vilka sistnämnda kommer till användning när modul skall användas med det smala bandet, för reproduktion av frekvenser ovanför 1kHz. Utformningen av dessa polstycken är gjord så att kantreflexion undångs.

**Fig.3 (H)** visar magnetfältets riktning. **Fig.5 (H)** visar de yttre skyddsplåtarna med sin avfasade, slitsformade ljudöppning.

**Fig.3 (G)** samt **(F)** visar de isolatorer på vilket membranet vilar. Isolatorerna är försedda med 4 genomgående hål för att kunna användas med valfritt band.

För att kompensera för flödesförluster i polstyckena, har införts så kallade "booster-magneter". Dessa utseende och placering framgår av **Fig.3 (B1)** och **(B2)** samt **Fig.5** som visar booster-magneten **(B1)** från undersidan. Resultande flöde framgår som tidigare nämnts, av **Fig.3 (H)**.

Genom att utforma magnetsystemet på detta sätt, erhålles ett system med ytterst ringa fysiskt djup samtidigt som ljudenergin från bandet fritt tillåts stråla såväl framåt som bakåt. Samverkan mellan booster-magneterna, huvudmagneterna samt mjuk-järnspolskorna gör det möjligt att erhålla ett magnetiskt flöde i gapet med mycket hög

linearitet, vilket medger konstruktion av bandelement med lång linjär slaglängd, i praktiken lika med magnetsystemets fysiska djup enligt **Fig.8** som visar membran/magnetorientering i det fall där det breda bandet för lågfrekvens användes. Om luftspalten (magnetgapet) i **Fig.3** företrädesvis har bredden 50 millimeter och polstyckena (**D1**)/(**D2**), åskådliggjorda i **Fig.3** och **Fig.4** vardera har en bredd om 12 millimeter, är modulen optimerad för ett 25 millimeter brett band, vilket resulterar i en horisontell ljudspridning om 170 grader. Modulens längd (**L**) kan väljas fritt inom intervallet 50 millimeter till 2500 millimeter. **Fig.4** och **Fig.5** visar således en utformning av modulen, sådan den ter sig när den är avsedd för högfrekvensreproduktion inom intervallet 1kHz till 40 kHz, försedd med ett membran av ren metall, företrädesvis aluminium, utan någon plastfilm som bas.

25-millimeters-membranet är vidare utformat med en slits i mitten, (**Fig.6**) för att ytterligare reducera icke-linjära magnetkrafter, vilka annars skulle kunna resultera i en brytning av membranet utmed centrumlinjen. Detta förfarande är av vikt när korta moduler kommer till användning. **Fig.5 (H)** visar modulen liggande, utvisande bakre och främre frontplattor av omagnetiskt material vars uppgift är att sammanfoga konstruktionen mekanisk. Avfasningen av kanterna i spaltöppningen förhindrar uppkomsten av kavitetsrelaterad ljudförvrängning.

Om polstyckena (**D1**)/(**D2**) i **Fig.3** avlägsnas, kan istället ett singulärt band med dubbla bredden, avsett för återgivning av låga frekvenser monteras, se **Fig.7**, **Fig.8** och **Fig.9**.

Borttagandet av de koniska polstyckena (**D1**)/(**D2**) innebär att den linjära slaglängden fördubblas. Vad man därvid förlorar i magnetiskt flöde, kompenseras till stor del av den dubblade ytan hos bandet. Verkningsgraden är i praktiken densamma. **Fig.4** och **Fig.8** visar skillnaden på magnetgapets utformning i respektive fall. Genom att avsikt-



ligt begränsa det breda bandet uppåt i frekvens, erhålles samma breda spridning som för högfrekvensversionen.

Bandhögtalaren har p.g.a. sina tidigare begränsningar endast kunnat användas för de tonområden inom audio som vi kallar mellanregister och diskant, d.v.s. området från 1 kHz till 20kHz. Nya magnetmaterial samt en applicering av bandtekniken i form av en linjerljudkälla, möjliggör konstruktioner som täcker hela tonområdet från 20Hz till 40kHz, - se **Fig.10** som visare ett exempel på hur ett 2 meter högt fullregistersystem av bandtyp enligt linjerljudkälle-konceptet kan utformas med användande av föreliggande uppfinning. Utsträckningen nedåt i frekvens samt därmed relaterat ljudtryck, bestäms av antalet moduler för lågfrekvens. Ju fler moduler, desto högre strålningsresistans, desto högre ljudtryck.

### Addendum

Det har visat sig att den platta på vilken magneter C1, C2, polstycken D1, D2 etc. lämpligast tillverkas av ett oledande material. Försök att tillverka det av aluminium visade sig ge upphov till sämre ljud, tydligtvis på grund av virvelströmmar alstrade av strömmen genom bandet.

Beträffande kopplingarna med RC-filter i **Fig. 2A** och **2B**, avsedda för höga frekvenser resp. låga frekvenser, må förtydligas att i **Fig. 2A** motståndet **B** skall ha tillräcklig resistans i förhållande till impedansen för bandet E, så att man får något som ur bandets E synpunkt framstår som en strömkälla - alltså strömmen tillnärmelsevis oberoende av variationer i bandets E impedans. Motståndet **B** i **Fig. 2B** skall uppfylla samma krav i det avseendet. Däremot är kapacitansen i kondensatorn A i **Fig. 2A** dimensionerad för att begränsa låga frekvenser vid en delningsfrekvens, t.ex. 5 kHz, medan kondensatorn A i **Fig. 2B** är dimensionerad för att ge en begränsning nedåt vid t.ex. 250 Hz. Induktansen H i **Fig. 2B** har till syfte att begränsa matningen av bandet E till frekvenser under delningsfrekvensen, t.ex. 5 kHz.

De parallellkopplade RC-filtren D + C i **Fig. 2A** och **Fig. 2B** avser att ge en ökad matning vid högre frekvens och ge viss kompensering för bandets mekaniska egenskaper såsom tjocklek etc.

- 5 I första hand tänker man sig att låta lågfrekvensen tas hand om av bredare band än högfrekvensen, med hänsyn till den olika verkningsgraden, men det är också i många fall lämpligt att arbeta med samma bredd på bandet i både basdel och diskantdel, liksom det också är möjligt att uppdelat ljudfrekvensbandet i mer än två delar genom ytterligare delningsfilter.

10

Med de angivna kopplingarna och magnetgapskonstruktionerna har det visat sig att bandhögtalarna är användbara även med mycket långa band, och utmärkt funktion har kunnat visas med band som är 50 mm breda och har en fri längd om 500 mm. **Fig. 10** visar faktiskt en högtalare där de breda elementen har dylika dimensioner. Några booster-magneter enligt **Fig. 3** eller **7** kommer då inte i fråga.

15

Uppfinningen kan varieras på många sätt, och avsikten är att den ej skall ses begränsad annat än av de nedanstående patentkraven.

## Patentkrav

1. Högtalarelement av bandtyp med ett långsträckt bandförmigt korrugerat membran  
 5 av metall, vars båda ändar är fastspända i ett svängningsplan vid en hållare och anslut-  
 bara till en elektrisk strömkälla, och vars mellan de fastspända ändarna liggande parti  
 är fritt svängbart i ett magnetgap av permanenttyp, vars magnetfält är riktat tvärs  
 membranets längdriktning och utefter dess breddriktning, varvid magnetgapet ingår i  
 10 en magnetisk krets med två på var sin sida om magnetgapet anordnade, vid hållaren  
 fästade permanentmagnetiserade huvudmagneter, och vari 2 mjukjärnspolstycken (A1  
 och A2 i Fig.3 och i Fig.7) är arrangerade i samma plan på ömse yttre långsidor om  
 huvudmagneterna (C1 och C2), samt att magneternas flödesmässiga centrumlinje lig-  
 ger i det nämnda svängningsplanet som utgör membranets fysiska viloläge, (Fig.4;  
 Fig.8)

2. Högtalarelement enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a d a v att två booster-magneter  
 (B1; B2 i Fig.3 och Fig.7) är monterade i hållaren utanför magnetgapet och i dess  
 förlängning samt vinkelrätt mot huvudmagneterna och polaritetsmässigt magnetiserade  
 i serie med polstyckena samt huvudmagneterna (C1) och (C2) för att förstärka mag-  
 20 netfältet i magnetgapet och kompensera för flödesförluster i mjukjärnspolstyckena  
 samt linearisera fältet i huvudmagneternas ändar.

3. Högtalarelement enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a t av att bandets totala svängande  
 längd kan vara mellan 50 millimeter och 2500 millimeter för en modul.

4. Högtalarelement enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a t av att magnetsystemen har  
 samma höjdmått som polstyckena samt är tillverkat av Neodym 35 eller av ferromag-  
 25 netisk legering av högre kvalitet.

5. Högtalarelement enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a t av att spaltbredden i magnetga-  
 30 pet uppgår till 50 millimeter i grundutförandet.

6. Högtalarelement enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a t a v en modular uppbyggnad, där spaltgapet är reducerbart och det magnetiska flödet är koncentrerat genom insättande av mjukjärnspolstyckena (**D1**) och (**D2**).

7. Högtalarelement enligt krav 6, k ä n n e t e c k n a t a v att magnetgapet är möjligt att modifiera för att ersätta ett brett membran med ett smalare som är optimerat för återgivning av höga frekvenser.

8. Högtalarelement enligt krav 7, k ä n n e t e c k n a t a v att det smala membranet är slitsat enligt (**Fig.6**) utmed den del som befinner sig i magnetgapet för att undertrycka inverkan av icke-linjärt flöde i magnetgapet.

9. Högtalarsystem, k ä n n e t e c k n a t a v en kombination av olika högtalarelement där högtalarelement med smala membran är kopplade till en filterkrets enligt (**Fig.2A**) och andra högtalarelement med breda band är kopplad till en filterkrets enligt (**Fig.2B**) där motstånd (**B**) i båda fallen utgöres av låginduktiva högeffekts-motstånd så monterade att modulen agerar kylfläns, med ett värde för motståndet (**B**) som resulterar i att bandet kommer att strömmatas, varvid problemen med induktiv inverkan nedanför  $1/f$ -punkten elimineras.

10. Högtalarsystem enligt krav 9, k ä n n e t e c k n a t a v att högtalarelement med smala membran är kopplade till en filterkrets enligt (**Fig.2A**) och högtalarelement med breda band är kopplad till en filterkrets enligt (**Fig.2B**) där motstånd (**D**) i båda fallen utgöres av ett låginduktivt högeffekts-motstånd, så monterat att modulen agerar kylfläns och där kondensatorn (**C**) har ett värde som resulterar i att bandet kompensationsmatas ovanför  $1/f$ -punkten för att erhålla en rak frekvensgång enligt (**Fig.1E**).

11. Högtalarmodul som har ett långsträckt jämbrett tunt korrugerat elektriskt ledande, väsentligen icke-ferromagnetiskt band, vid sina båda ändar elektriskt isolerande inspant och fritt svängbart i en långsträckt öppning i en huvudsakligen plan ram och vars

nämnda ändar har medel för anslutning till en elektrisk ljudsignalkälla, ett långsträckt magnetgap av permanenttyp i ramen, bildande den nämnda, långsträckt öppningen, vilket magnetgap uppvisar oliknämnda magnetpolariteter mitt emot och intill bandets båda sidokanter, och magnetiska medel i ramen för bildande av en magnetisk återföringskrets, vilka medel ligger utanför och friläggande den nämnda öppningen, varvid bandet åtminstone till den del som faller inom den nämnda öppningen har en mittplacerad slits sträckt i bandets längdriktning.

